Hausstaubmilben und andere Allergien erzeugende synanthrope Milben: Biologie, Ökologie und medizinische Bedeutung

Manfred G. WALZL & Horst ASPÖCK

Abstract: **House dust mites and other synanthropic mites which cause allergies: biology, ecology and medical significance.** Synanthropic mites are the most frequently encountered inhabitants of house dust and storage rooms. Since these mites produce allergens, detailed knowledge is essential for those who are allergic to these mites in order to take appropriate measures to control them effectively. This paper aims at clarifying the biology, development, ecology and medical significance of *Dermatophagoides pteronyssinus* and *D. farinae*. In addition, further genera (*Acarus*, *Tyrophagus*, *Glyciphagus* and *Cheyletus)* occurring in Central Europe are dealt with. Possible means to control mites in households are suggested.

Key words: House dust, synanthropic mites, *Dermatophagoides*, *Acarus*, *Tyrophagus*, *Glyciphagus*, *Cheyletus*, biology, ecology, clinical symptoms, diagnostics, therapy, prophylaxis.

Inhaltsübersicht

1. Einleitung

Als der Mensch vor etwa 10.000 Jahren sesshaft wurde und begann, Hütten und später Dörfer und Städte zu bauen, legte er auch Vorräte an. Bis dahin freilebende Tiere gingen eine mehr oder weniger enge Bindung mit den Menschen ein (Synanthropie), und es traten die ersten Vorratsschädlinge auf. Wie das Auftreten neuer Schädlingsarten zeigt, ist dieser Vorgang der Anpassung auch heute noch nicht abgeschlossen (STEIN 1986). Auch normalerweise in der freien Natur lebende Milben haben sich an Menschen und ihre Einrichtungen angepasst und stehen mit ihnen in einer hemisynanthropen Beziehung, indem sie Vorräte, aber auch die von Menschen abgeschilferten Hautschuppen nutzen.

H. ASPÖCK (Hrsg.): Krank durch Arthropoden, Denisia **30** (2010): 351–364

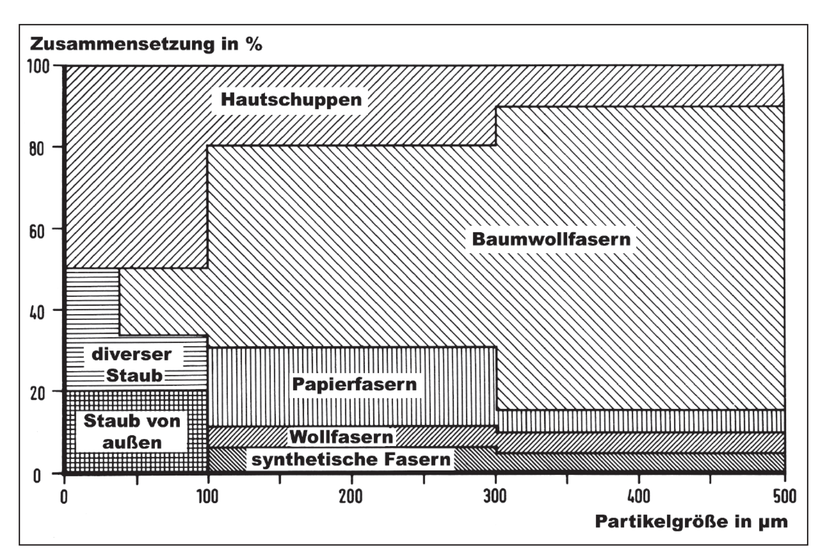


Abb. 1: Quantitative Zusammensetzung von Hausstaub in Häusern der Niederlanden. Nach BRONSWIJK (1981).

Von den Milben (Acari), den kleinsten Vertretern aus der Gruppe der Spinnentiere, sind bis dato über 40.000 Arten beschrieben worden (ALBERTI & COONS 1999). Von diesen sind weltweit wiederum mindestens 78 Arten eine synanthrope Beziehung eingegangen. In Europa werden 17 Arten von astigmaten Milben aus den Familien der Acaridae, Carpoglyphidae, Glyciphagidae und Pyroglyphidae als synanthrop eingestuft. Im Allgemeinen nutzen die meist unter 500 µm großen und harmlosen Vertreter der Astigmata unerkannt den Lebensraum des Menschen. Aufgrund ihres unter günstigen Lebensbedingungen enormen Vermehrungspotentials werden sie jedoch bei Massenvorkommen durch Zerstörung von Lebensmittelvorräten zu Vorratsschädlingen und somit zu Lästlingen und Ungeziefer.

Erst als VOORHORST et al. (1964) herausfanden, dass im so genannten Hausstaub lebende Milben der Pyroglyphidae für gewisse allergische Reaktionen bei Menschen verantwortlich sind, rückten synanthrope Milben ins Blickfeld der medizinischen Forschung.

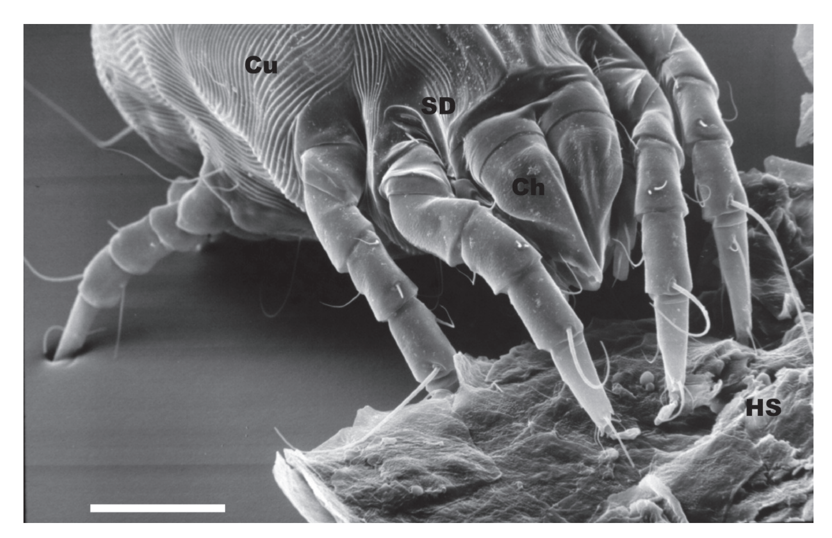


Abb. 2: *Dermatophagoides farinae* (Pyroglyphidae), Weibchen bei einer menschlichen Hautschuppe (HS) fressend. Chelizere (Ch), geriefte Cuticula (Cu), Supracoxaldrüse (SD). Balken = 40 µm; REM.

Seit dieser Zeit werden in den gemäßigten feuchten Zonen der Erde die Hausstaubmilben als Hauptverursacher der Wohnungsallergien angesehen und zählen daher mit zu den am besten wissenschaftlich erforschten Milben (siehe ARLIAN & PLATTS-MILLS 2001; BISCHOFF 1986; BRONSWIJK 1984a, COLLOFF 2009; FRANZ 2004; HART 1992; TOVEY et al. 1995; WHARTON 1976). Seit einigen Jahren ist aber bekannt, dass nicht nur Hausstaubmilben, sondern auch Vertreter der Vorratsmilben Acaridae, Carpoglyphidae, Glyciphagidae und der Raubmilben Cheyletidae bei Menschen Allergien, wie perennierende Rhinitis, Asthma und atopische Dermatitis, auslösen können (BRAVO et al. 1999; FERNÀNDEZ-CALDAS 1997; HAGE-HAMSTEN & JOHANSSON 1992; TEE 1994; WARNER et al. 1999), weshalb die vergleichende Allergenuntersuchung immer mehr an Bedeutung gewinnt (ARRUDA & CHAPMAN 1992; DEPPE 2002; DHARMAGE et al. 2001; MIESCHER & VOGEL 2002; STEWART et al 1992).

Um die für Allergiker unbedingt notwendige Bekämpfung der Populationen synanthroper Milben richtig durchführen zu können (BISCHOFF 1988, BISCHOFF et al. 1986abc, 1996; COLLOFF 1992a, POLLART et al. 1988; SCHMIDT 1998; SCHOBER et al. 1987; WARNER 1994; WASSENAAR 1988; ZDARKOVA & VORACEK 1993), ist es notwendig über die Lebensansprüche und Ökologie dieser Tiere besser Bescheid zu wissen (ARLIAN 1989, 1991, 1992, ARLIAN & PLATTS-MILLS 2001, ARLIAN et al. 1979, 1983, 1990, 2003; BRONSWIJK 1984a, b, COLLOFF 1992b, EHRNSBERGER 1992; HAGE-HAMSTEN & JOHANSSON 1992; OBOUSSIER 1939; WALZL 1992), denn nur wenn man die biologischen Zusammenhänge kennt, die zur Vermehrung von Milben in Wohnungen und Hausstaub und damit zur Produktion von Milbenallergenen führen, kann man das Auftreten der Allergene durch gezielte Eingriffe unterbinden, oder zumindest wirksam reduzieren.

2. Hausstaub und Vorräte als Biotop für Milben

Für das Auftreten, das Überleben und die Vermehrung von Milben sind 3 Faktoren von essentieller Bedeutung: Nahrung, Temperatur und Luftfeuchtigkeit. Falls alle 3 Faktoren im Optimum vorhanden sind, können sich Wohnungsmilben innerhalb kürzester Zeitspannen massenhaft vermehren.

Nach BRONSWIJK (1981) ist Hausstaub „eine im menschlichen Habitat gebildete Schicht oder Matte aus organischen und anorganischen Partikeln und Fasern,

die Böden und Regale bedeckt, sowie eine Ansammlung dieser Partikel in Betten und Polstermöbeln mit Partikelgrößen meist zwischen 10^{-3} und 1 mm Durchmesser" (im süddeutschen Sprachgebrauch auch als „Lurch" bezeichnet). Abhängig von der Häufigkeit der Bewohnung, der Anzahl und Zusammensetzung der Bewohner (z. B. Haustiere, Pflanzen), der geographischen Lage der Wohnung, der Jahreszeit und der Art der Möbel einer Wohnung können im Hausstaub beträchtliche Mengen an organischen Fasern und menschlichen und tierischen Hautschuppen vorhanden sein (Abb. 1), die verschiedensten Organismen als Unterschlupf und Nahrung dienen können.

Besonders die im Hausstaub vorkommenden Hautschuppen dienen, wenn sie von Mikroorganismen, wie Bakterien und Pilzen, aufgeschlossen worden sind, einigen Milbenarten als Nahrungsgrundlage (Abb. 2). Das Vorkommen von Mikroorganismen und Milben im Hausstaub wird jedoch nicht nur von der im Hausstaub vorhandenen Nahrung, sondern auch von den in diesem Habitat herrschenden Temperaturen und der Luftfeuchtigkeit beeinflusst. Die speziell für die Pilze und die Milben wichtigen Faktoren Temperatur und Luftfeuchtigkeit werden von der Lage der Wohnungen (Höhenlage, geographische Lage), der Jahreszeit und dem Verhalten der in den Wohnungen lebenden Menschen bestimmt.

Da das Außenklima das Klima in Wohnungen beeinflusst, sind in den gemäßigten Breiten Europas der Frühling und der Herbst aufgrund günstiger Temperaturen und hoher Luftfeuchtigkeit besonders in Wohnungen, die sich in geringeren Höhenlagen befinden, die für die Vermehrung von Pilzen und Milben günstigsten Jahreszeiten. Heiße Sommer und kalte Winter, sowie auf größerer Seehöhe oder weiter vom Meer oder anderen größeren Gewässern entfernt gelegene Wohnungen bieten im Allgemeinen ungünstigere Lebensbedingungen für Pilze und Milben. Doch unabhängig vom Außenklima kann der Mensch selbst gerade im Winter durch sein Heizverhalten und übermäßigen Einsatz von Luftbefeuchtern in Wohnräumen Umweltbedingungen erzeugen, die das Pilzwachstum und die Milbenvermehrung fördern.

Die meisten in Wohnungen vorkommenden Pilze und Milben benötigen für eine optimale Vermehrung neben ausreichender Nahrung eine hohe relative Luftfeuchtigkeit (RL) zwischen 75 % und 95 % und Temperaturen zwischen 15 °C und 35 °C. Diese für Milben und Pilze günstigen Lebensbedingungen sind in den Schlafplätzen der Menschen aber auch in gelagerten Vorräten vorhanden. In den Betten sorgt der Mensch allein durch seine Anwesenheit – durchschnittlich verbringen Menschen etwa 1/3 ihrer Zeit im Bett – durch Transpiration, eine Körpertemperatur von ca. 37 °C und den Verlust von Hautschuppen während des Schlafes (bis zu 2 Gramm/Tag) für Milben optimale Lebensbedingungen.

Unter optimalen Lebensbedingungen haben alle astigmaten Milben eine ungeheure Vermehrungspotenz. Besonders die Weibchen der Vorratsmilben können dann pro Tag mehr als 100 Eier legen, die sich wiederum innerhalb von 8-10 Tagen zu geschlechtsreifen Tieren entwickeln können.

3. Hausstaubmilben

Hausstaubmilben gehören zur Familie der Pyroglyphidae der Milbenunterordnung Astigmata.

Diese Milben haben keine Atmungsorgane, sondern sie nehmen Sauerstoff nur über ihre Cuticula auf. Obwohl auch Milben, die zu anderen Familien gehören, im Hausstaub vorkommen, sind die Hausstaubmilben die am häufigsten in diesem Biotop vorkommenden Milben, da sie bevorzugt Hautschuppen und anderen organischen Detritus, der sich in Wohnungen ansammelt, mit ihren Chelizeren zerkleinern und fressen (Abb. 2). Zu den Pyroglyphidae werden 16 Genera mit 46 Arten gezählt. Dreizehn Arten wurden bisher im Hausstaub nachgewiesen, wovon 3 weltweit vorkommen und in temperierten Klimazonen die Hauptverursacher von Milbenallergien sind: *Dermatophagoides farinae*, *D. pteronyssinus* und *Euroglyphus maynei*.

In Mitteleuropa sind dieVertreter der Gattung *Dermatophagoides* mit 70-90 % die häufigsten aller Milben in Wohnungen. *Dermatophagoides farinae* wird auch als Amerikanische Hausstaubmilbe oder Hochlandhausstaubmilbe bezeichnet, *D. pteronyssinus* dagegen als Europäische Hausstaubmilbe oder Tieflandhausstaubmilbe. Die ersten deutschen Namen beziehen sich auf die Erstbeschreibung und sagen nichts über ein gehäuftes Vorkommen auf den Kontinenten aus, die zweiten deutschen Namen deuten darauf hin, dass *D. farinae* extremere Klimate überdauern kann.

Alle drei im Hausstaub lebenden Arten der Pyroglyphidae sind anhand ihrer gerieften Cuticula-Oberfläche (Abb. 2) leicht zu erkennen. Vorratsmilben dagegen haben entweder eine glatte Cuticula-Oberfläche (Abb. 3) oder eine Cuticula mit Noppen (Abb. 4).

3.1. Der Lebenszyklus der Hausstaubmilben

Hausstaubmilben vermehren sich sexuell. Der Lebenszyklus von *D. farinae*, *D. pteronyssinus* und *Euroglyphus maynei* besteht aus 5 Stadien: Ei, Larve, Protonymphe, Tritonymphe, Adultus (Männchen und Weibchen;

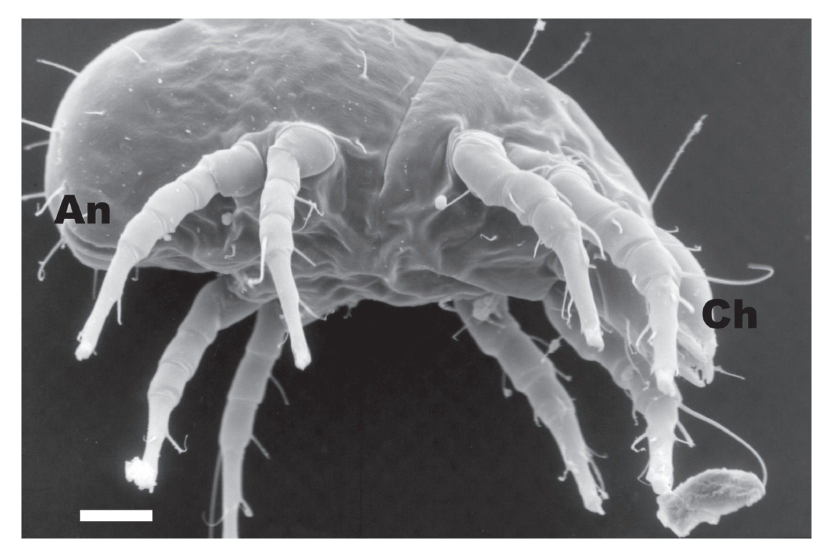


Abb. 3: *Acarus farris* (Acaridae), Nymphe in Ventrolateralansicht mit glatter Cuticulaoberfläche. Chelizere (Ch), Anus (An). Balken = 20 µm; REM.

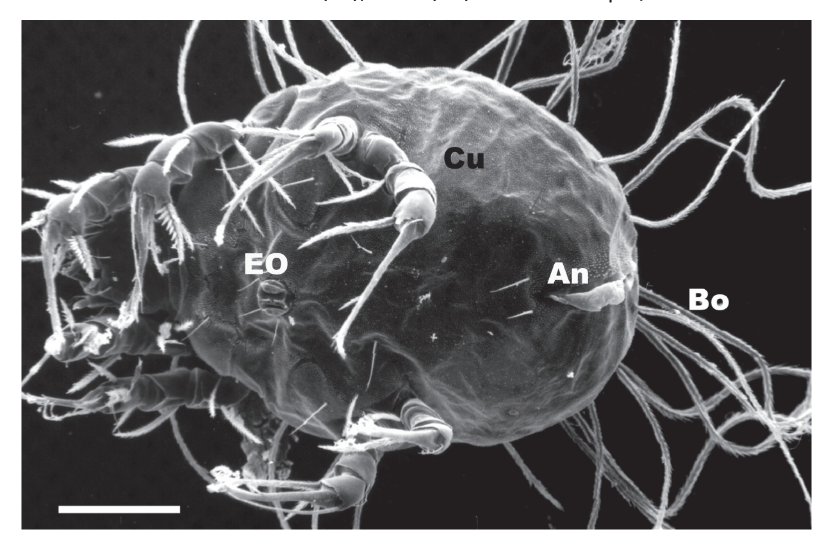


Abb. 4: *Glyciphagus ornatus* (Glyciphagidae), Weibchen in Ventrocaudalansicht mit genoppter Cuticulaoberfläche (Cu) und für Glycipagidae typischen langen, gezähnten Borsten (Bo). Anus (An), Eiablageöffnung (EO). Balken = 100 µm; REM.

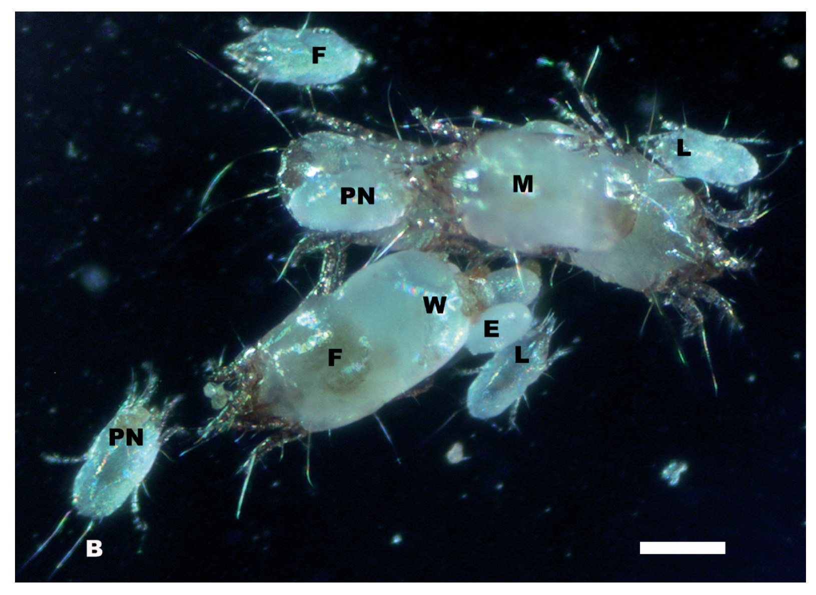


Abb. 5). Die Entwicklungsdauer vom Ei bis zum Adultus und somit das Populationswachstum wird sowohl von der Relativen Luftfeuchtigkeit (RL) als auch von der Temperatur bestimmt. *D. pteronyssinus* hat, wie Laboruntersuchungen zeigen, die größte Populationszunahme bei 25 °C und geringere Wachstumsraten bei niedrigeren (15 °C und 20 °C) und bei höheren (30 °C und 35 °C) Temperaturen. Die Entwicklung einer Generation dauert bei 25 °C und 75 % RL ca. 30 Tage, bei 15 °C ca. 130 Tage und bei 35 °C ca. 15 Tage. Bei Temperaturen über 25 °C ist die Entwicklungsgeschwindigkeit zwar bedeutend schneller, die Sterblichkeitsrate jedoch so groß, dass es nur zu einem geringen Populationswachstum kommt. Bei etwa 10 °C wird die Eiablage vollkommen eingestellt.

D. pteronyssinus und *D. farinae* unterscheiden sich bezüglich ihrer Ansprüche an die Luftfeuchtigkeit. Optimale Vermehrungsbedingungen sind für *D. pteronyssinus* bei 85 % RL, für *D. farinae* bei 75 % RL gegeben. Beide Arten produzieren, wie Laborexperimente zeigen, während ihrer reproduktiven Lebensphase, die bei *D. pteronyssinus* 26 Tage und *D. farinae* 34 Tage dauert, bei 23 °C und 75 % RL, 2-3 Eier pro Tag.

Bei diesen Bedingungen beträgt der Entwicklungszyklus von der Eiablage bis zum eiablagebereiten Weibchen bei *D. pteronyssinus* im Mittel 32,5 Tage und bei *D. farinae* jedoch nur 17,3 Tage.

Temperatur- und Luftfeuchteunterschiede in den verschiedenen Wohnungsbereichen, sowie die Menge der vorhandenen Nahrungsressourcen führen zu unterschiedlichen Wachstumsraten der Milbenpopulation. Generell ist die Populationszunahme auf Böden und in Teppichen, da hier ungünstigere Lebensbedingungen herrschen, geringer als in beschlafenen Betten. Daher sind die bevorzugten Lebensräume für Hausstaubmilben Matratzen und Polster.

Eine über eine längere Zeitspanne andauernde RL von 85 % oder darüber ist für das Populationswachstum der Hausstaubmilben jedoch hinderlich, denn bei hohen Luftfeuchten kommt es zu einer starken Vermehrung der an höhere Luftfeuchtigkeit angepassten Vorratsmilben *Acarus* ssp. (Abb. 3), *Glyciphagus* ssp. (Abb. 4), *Tyrophagus* ssp. (Abb. 6) und dadurch zu einer Unterdrückung oder sogar einem Aussterben der Hausstaubmilbenpopulation.

Abb. 5: Ansammlung diverser lebender Entwicklungsstadien der Hausstaubmilbe *Dermatophagoides pteronyssinus* im betäubten Zustand und natürlicher Farbe mit den für Hausstaubmilben typischen 2 langen irisierenden Borsten am Hinterleib (B). Ei (E), Larve (L), Protonymphe (PN), Weibchen (W), Männchen (M). Im Intestinum einiger der durchsichtigen Milben sind gelbliche oder braune Faecespartikel (F) sichtbar. Balken = 100 µm; LM.

Begattete Haustaubmilbenweibchen legen während ihrer Reproduktionsperiode an geschützten Plätzen etwa 300 Stück 80-100 µm lange, weiß glänzende ovoide Eier (Abb. 7). Nach ca. 7 Tagen schlüpfen daraus sechsbeinige Larven von ca. 120 µm Länge, die 5 Tage lang aktiv sind. Während dieser aktiven Phase fressen sie, bis sie reif für die Häutung sind. Vor der Häutung ziehen sie sich an geschützte Stellen zurück und treten in eine 2-3 Tage dauernde Ruhephase (pharate Phase) ein. In der pharaten Phase, die durch am Körper angewinkelte Beine gekennzeichnet ist (Abb. 8), entwickelt sich innerhalb der Larvenhaut die Protonymphe. Diese sprengt, genauso wie alle nachfolgenden Stadien auch, eine präformierte Bruchlinie der alten Haut und schlüpft aus der alten Haut (Exuvie). Die 8-beinigen ca. 200 µm langen Protonymphen sind 5-6 Tage fressend aktiv, und nach einer ebenfalls 2-3 Tage dauernden pharaten Phase schlüpft aus jeder Protonymphe eine 8-beinige Tritonymphe. Die 300-350 µm langen Tritonymphen sind ungefähr 7 Tage aktiv und fallen danach in eine 1-2 Tage dauernde Ruhephase. Aus den ruhenden Tritonymphen schlüpfen entweder ca. 350 µm lange 8-beinige Männchen oder ca. 450 µm lange 8-beinige Weibchen. Die Männchen sind an ihrem gedrungenen Habitus, dickeren stärker sklerotisierten Beinen, ventralen Saugnäpfen im Bereich des Anus und einem Kopulationsorgan zwischen dem 3. Beinpaar leicht zu erkennen (Abb. 9). Weibchen sind nicht nur die größten Stadien, sie haben auch eine stumpfovale Körperform und sind durch eine ventral gelegene V-förmige Eiablageöffnung zwischen dem 3. Beinpaar leicht als solche erkennbar (Abb. 10). Die Männchen kopulieren mit den Weibchen in einer charakteristischen Kopulationshaltung (Abb. 11), wobei sie sich am Opisthosoma des Weibchens mit ihren Analsaugnäpfen festheften und ihr Kopulationsorgan in eine spezielle Kopulationsöffnung am Hinterende des Weibchens einführen. Die Weibchen speichern die Spermien in einer Samentasche (Bursa copulatrix). Die Form und Ausbildung der Samentaschenbasis ist artspezifisch und wird bei der Gattung *Dermatophagoides* zur Artbestimmung verwendet (Abb. 12). Zur Zeit ist es Milbentaxonomen nur möglich, die Adultstadien der Hausstaubmilben zu bestimmen, die Larven- und Nymphenstadien der diversen Hausstaubmilbenarten sind, da keine differenzialdiagnostischen morphologischen Merkmale bekannt sind, nicht bestimmbar. (Eine Determination auf molekularbiologischer Basis ist grundsätzlich natürlich in jedem Stadium möglich.)

Während ihrer Fressphasen nehmen die Milben, ohne sich zu häuten, durch Dehnung der gerieften Cuticula an Größe zu. In dieser Zeit fressen sie ein Vielfaches ihres eigenen Körpergewichtes und produzieren daher auch dementsprechend viel Kot. Jede Milbe gibt pro Tag etwa 20 Faeces-Partikel ab, deren Größe, abhängig vom Entwicklungsstadium, zwischen 10 und 40 µm variieren kann (Abb. 13). Die Milben ernähren sich bevorzugt von Hautschuppen, die sie mit ihren Chelizeren zerkleinern. Das Keratin der Hautschuppen kann jedoch nicht

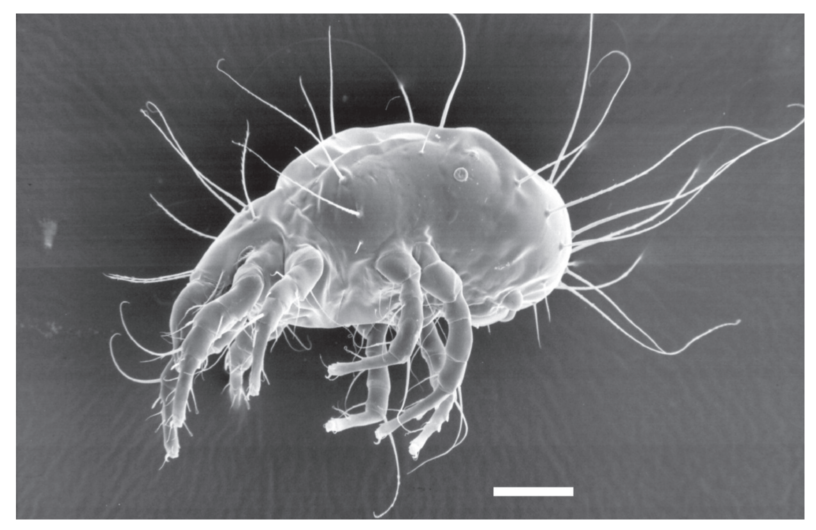


Abb. 6: *Tyrophagus longior* (Acaridae), Männchen lateral. Balken = 100 µm; REM.

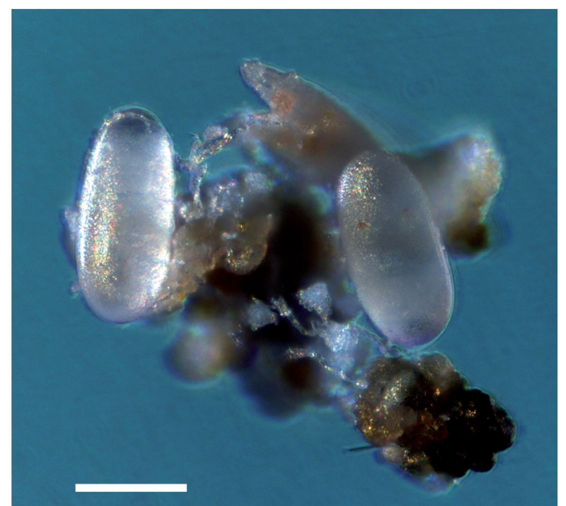


Abb. 7: Zwei unterschiedlich alte Eier von *Dermatophagoides pteronyssinus* an Kotpartikel angeklebt. Rechtes opakes Ei frisch abgelegt, linkes älteres durchsichtiges Ei mit weit entwickeltem Embryo. Balken = 50 µm; LM.

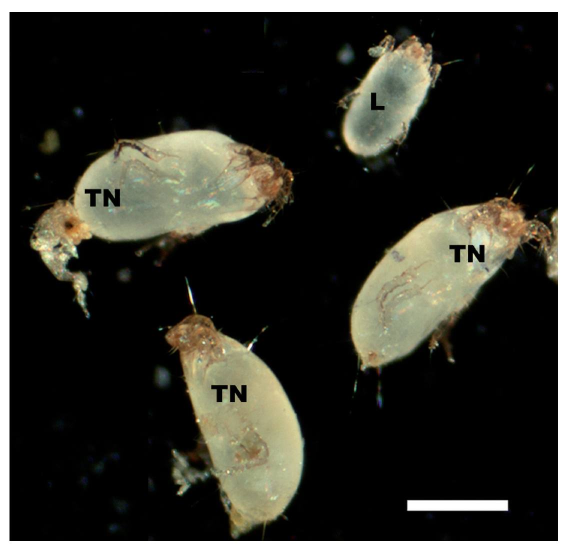


Abb. 8: Ruhende (pharate) Entwicklungsstadien von *Dermatophagoides pteronyssinus* mit typisch abgewinkelten und an den Körper angelegten Extremitäten. Larve (L), Tritonymphe (TN). Balken = 100 µm; LM.

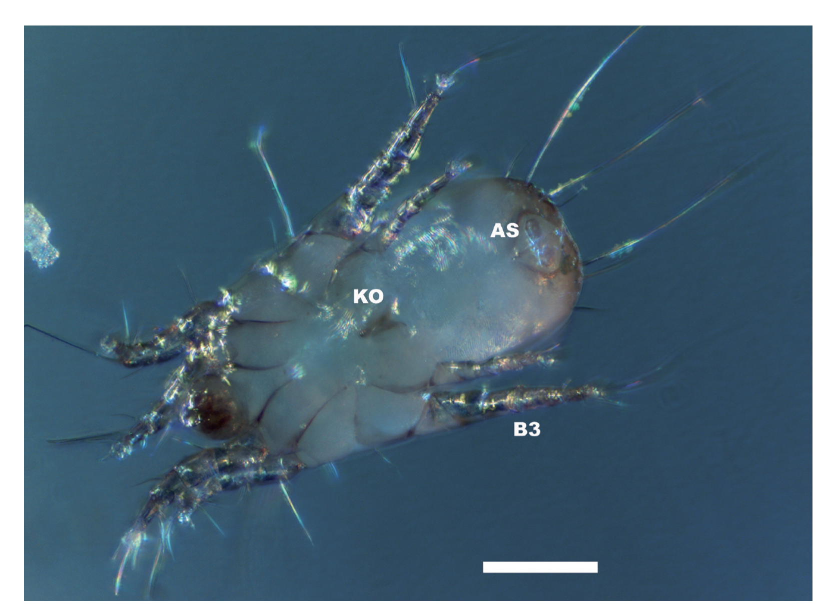


Abb. 9: *Dermatophagoides pteronyssinus*, Ventralansicht eines Männchens mit verdicktem 3. Beinpaar (B3), Analsaugnäpfen am Körperhinterende (AS) und dem Kopulationsorgan (KO). Balken = 100 µm; LM.

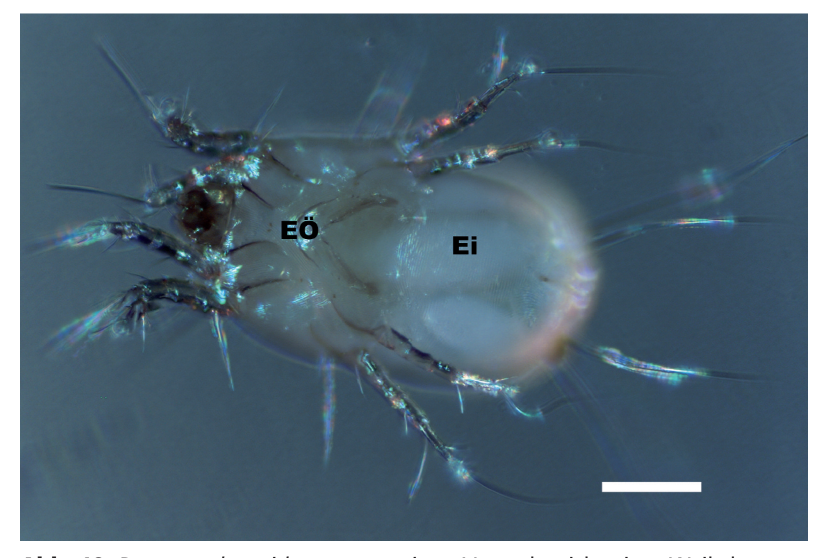


Abb. 10: *Dermatophagoides pteronyssinus*, Ventralansicht eines Weibchens mit 2 durch die Körperwandung durchscheinenden Eiern (Ei) und der Eiablageöffnung (EÖ) zwischen dem 3. Beinpaar. Balken = 100 µm; LM.

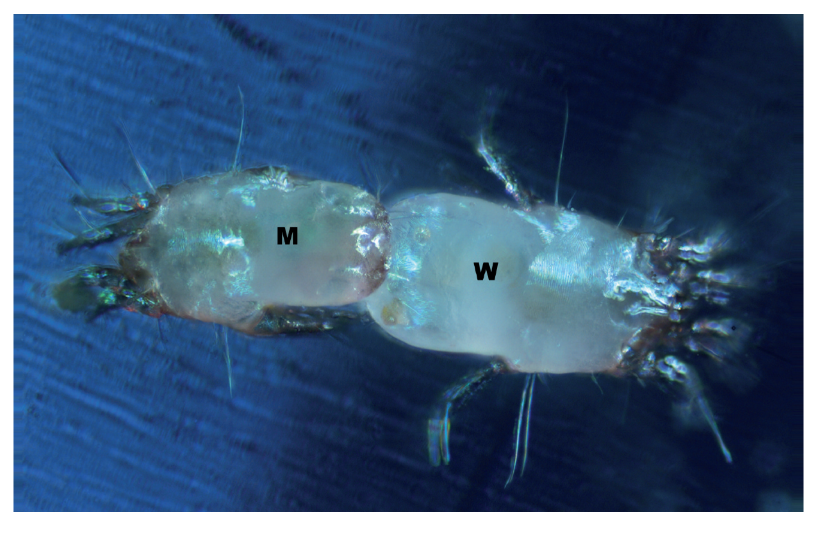


Abb. 11: Pärchen von *Dermatophagoides pteronyssinus* in Kopula. Das Männchen (M) hält sich am Rücken des Weibchens (W) mit seinem verdickten 3. Beinpaar fest. LM.

verdaut werden, sondern muss von im Hausstaub vorkommenden Pilzen aufgeschlossen werden.

Der für den Aufschluss wichtigste und häufig im Hausstaub anzutreffende Pilz ist die gegenüber Trockenheit tolerante Pilzart *Aspergillus repens*. Neben Hautschuppen werden jedoch auch viele andere im Hausstaub vorkommende proteinreiche Partikel gefressen und im Mitteldarm der Milben mittels Enzyme verdaut. Die Stoffwechselendprodukte werden in Form von Guaninkristallen im Körper eingelagert. Unverdaubare Partikel werden im Mitteldarm von einer peritrophen Membran umhüllt und über den Enddarm ausgeschieden.

3.2. Milben als Quelle von Allergenen

Viele der im Hausstaub enthaltenen organischen Komponenten wie z. B. Hautschuppen von Menschen und Tieren, Exkremente von Küchenschaben und anderen Insekten, Pollen oder verschiedene Arten von Schimmelsporen, können bei prädisponierten Menschen allergische Reaktionen hervorrufen.

Die wichtigsten Allergene im Hausstaub werden jedoch von Hausstaubmilben produziert. In humiden Gebieten sind Hausstaubmilben allgegenwärtig, und bis zu 30 % der Menschen zeigen positive Hauttestreaktionen gegenüber zumindest einer der Hausstaubmilbenarten. Eine Sensibilisierung gegenüber den Allergenen der Hausstaubmilben zeigt sich in den Krankheitsbildern Asthma, perennierende Rhinitis und atopische Dermatitis. Sowohl lebende als auch tote Milbenkörper, besonders aber die Milben-Faeces (Abb. 13), sind die Quellen vieler Allergene. Bei den Milbenkörpern sind es vor allem die Sekrete der als Speicheldrüse und Wasserausgleichsorgan fungierenden Supracoxaldrüse (Abb. 2) und die für die Häutung der Entwicklungsstadien benötigten Enzyme aber auch milbenspezifische Körperproteine. Die Hauptallergenträger sind jedoch die in den Kotballen der Milben eingeschlossenen Verdauungsenzyme. Die 4-10 µm messenden unverdauten Partikel der Nahrung werden nach dem Aufbrechen der die Faecesballen umgebenden peritrophen Membran frei und können sich dann aufgrund ihres geringen spezifischen Gewichtes als Schwebpartikel in der Wohnungsluft anreichern und, wenn eingeatmet, als Aeroallergene wirken.

Milbenallergene werden aufgrund ihrer biochemischen Zusammensetzung, der Homologie ihrer Sequen-

zen und ihres Molekulargewichtes in Gruppen (1-13) eingeteilt. Ein neues Allergen wird mit den ersten 3 Buchstaben des Gattungs- und dem ersten Buchstaben des Artnamens eines Allergenproduzenten und einer Nummer, die die Reihenfolge der Allergenisolierung kennzeichnet, oder mit der Nummer eines anderen bereits charakterisierten Allergens, mit dem es homolog ist und im Molekulargewicht übereinstimmt, benannt. Die für Milbenallergiker wichtigsten Allergene (Major-Allergene), deren Entstehungsort bekannt ist, sind die der Gruppen 1 und 2 der am besten untersuchten Arten *D. pteronyssinus* (Der p1 und 2) und *D. farinae* (Der f1 und 2), doch sind zumindest 7 weitere Allergengruppen von untergeordneter Beutung (Minorallergene) bekannt.

Die Allergene der Gruppe 1 sind Glykoproteine mit Cysteinproteaseaktivität, ähnlich denen einiger Pflanzen- und Säugetierenzyme. Sie stammen von Zellen aus dem Intestinum der Hausstaubmilben. Der p1 kann an den CD23-IgE-Rezeptor der menschlichen B-Zellen und an die CD25-Untereinheit des IL-2 Rezeptors der T-Zellen andocken, wodurch die Allergenität verstärkt wird. Der f1 und Der p1 haben zu 80 % homologe Sequenzen mit Kreuzreaktionsepitopen. Die Allergene der beiden Milbenarten haben jedoch auch artspezifische Epitope. Es gibt einige Hinweise, dass die Gruppe 1 Allergene auch als Preproteine freigesetzt werden können und dass sie, wenn sie sich an Schleimhäuten festsetzen, durch Gluthathion im Sekret des Respirationstraktes erst aktiviert werden. Die Gruppe 2-Allergene sind 14-kd-Proteine mit hoher Sequenzhomologie. Der f2 und Der p2 haben 88 % homologe Sequenzen. Die Allergene dieser Gruppe scheinen mit den Sekreten des männlichen Genitaltraktes der Milben assoziiert zu sein. Doch das Allergen Lep 2 der Vorratsmilbe *Lepidoglyphus destructor* (Glyciphagidae) wird auch mit dem Darm oder anderen Organen der Milbe in Verbindung gebracht.

Da ein Zusammenhang zwischen der im Hausstaub vorhandenen Allergenmenge und der Häufigkeit der Symptome bei hausstauballergischen Asthmatikern besteht, ist es für Allergiker von größter Bedeutung, die für das Auftreten von Allergiesymptome angenommene Schwellenkonzentration von 1-2 µg der p1 pro Gramm Staub nicht zu überschreiten. Diese Allergenschwellenkonzentration gilt jedoch nicht für alle Menschen. Sie kann bei manchen Erwachsenen und besonders bei Kindern weit unter diesem Wert liegen. Daher sind gezielte Sanierungsmaßnahmen zur Reduktion der Allergenkonzentration in Wohnräumen für prädisponierte Personen und bei Anwesenheit von Kindern von äußerster Wichtigkeit, um das Auftreten von Allergien zu verhindern oder die Symptome bei bereits vorhandenen Allergien zu unterdrücken.

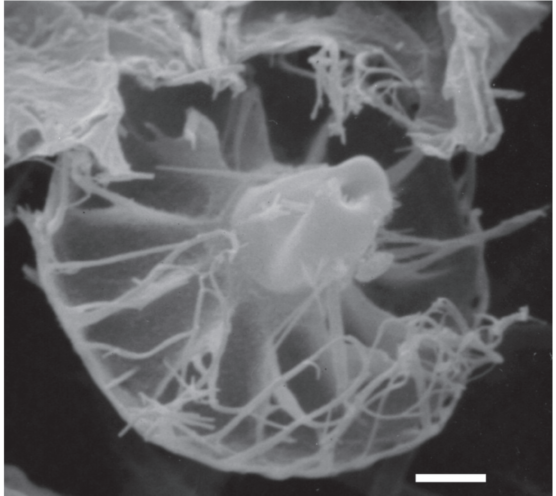


Abb. 12: Basis der Samentasche eines *Dermatophagoides pteronyssinus* Weibchens mit den für diese Art typischen lilienförmigen Versteifungen. Diese fehlen bei *D. farinae*. Dadurch sind die Weibchen der beiden Arten leicht zu unterscheiden. Balken = 2 µm. Mazerationspräparat; REM.

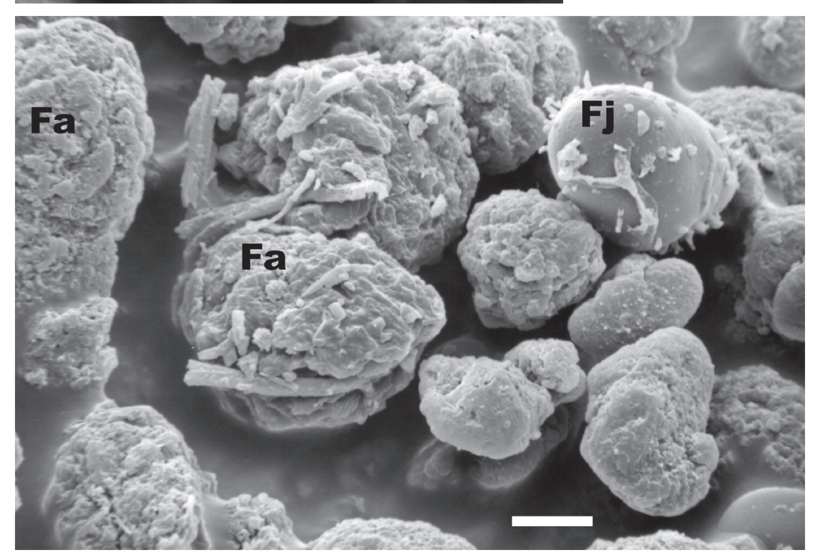


Abb. 13: Unterschiedlich große Faecespartikel diverser Entwicklungsstadien von *Dermatophagoides pteronyssinus*. Die Partikel mit glatter Oberfläche sind frisch abgegeben worden (Fj). Ältere, von Pilzen oder Bakterien zersetzte Faeces (Fa) haben eine geriefte Oberfläche oder die, die Faeces umhüllende peritrophe Membran ist bereits aufgebrochen, wodurch die Allergene frei werden. Balken = 10 µm; REM.

4. Klinische Symptomatik, Diagnose und Therapie der Hausstaubmilbenallergie

Man schätzt, dass in den hochentwickelten Ländern etwa 30 % der Bevölkerung an Allergien leiden (SHEIKH et al. 2010), wobei ein Viertel davon durch Hausstaubmilben bedingt sein soll. Nach manchen Schätzungen liegt der Prozentsatz der an Hausstaubmilbenallergien leidenden oder zumindest der gefährdeten Personen bei 10 %. Vielleicht ist dies insgesamt etwas zu hoch, aber wenn man die leichteren Fälle einbezieht, kommen diese Zahlen der Realität vermutlich sehr nahe.

Menschen mit Hausstauballergien leiden besonders an einer allergischen Rhinitis, Anschwellen der Nasen- und Rachenschleimhäute, an Niesattacken, an Conjunctivitis allergica (Rhinokonjunktivitis), dazu kön-

nen allergische Hauterscheinungen kommen (MUMCUOGLU & RUFLI 1982). Weiters können anfallsweise Asthma bronchiale und Bronchospasmus auftreten und Ödeme der Bronchialmukosa mit Produktion von zähem Schleim. Die Symptomatik verstärkt sich im Lauf von Jahren, und was mit einer verstopften Nase und einer unangenehmen Rhinitis begonnen hat, kann schließlich zu einem schweren asthmatischen Zustandsbild werden. Der Schwerpunkt des Zielortes der Lokalisation der Allergie verschiebt sich, man spricht von einem Etagenwechsel. In Einzelfällen können auch bedrohliche Zustandsbilder bis hin zum anaphylaktischen Schock resultieren.

Die gefährdete Gruppe sind Atopiker, also Menschen die genetisch bedingt eine gesteigerte Bereitschaft zeigen, gegen Substanzen aus der Umwelt durch eine Überempfindlichkeitsreaktion vom Soforttyp (Typ I-Reaktion) durch Reaktion von IgE-Antikörpern mit dem Antigen zu reagieren (vgl. HEMMER 2010).

Die IgE-Antikörper sind durch spezielle Rezeptoren mit ihren Fc-Teilen an den Mastzellen in Haut- und Schleimhaut und an basophilen Granulozyten im Blut angelagert, die Reaktion der nach außen gerichteten Fab-Teile der IgE-Antikörper mit dem Antigen, also dem Allergen, führt zur Ausschüttung vasoaktiver Substanzen (Histamine, Prostaglandine und andere Mediatoren) aus den Mastzellen und basophilen Granulozyten. Das Allergen ist vor allem in den winzigen Exkrement-Partikeln der Milben lokalisiert; diese trocknen ein, zerfallen und werden eingeatmet, man spricht daher von einer inhalativen Allergie.

Gewiss gibt es Personen, die nur milde Symptome einer Hausstaubmilbenallergie zeigen, sei es, weil ihr Immunsystem mit dem Antigen bzw. den Antigenen „doch irgendwie zurechtkommt", sei es, weil in ihrer Umgebung nur eine vergleichsweise geringe Zahl von Milben vorhanden ist. Selbst in leichteren Fällen bedeutet dies aber eine erhebliche Minderung der Lebensqualität, in schweren Fällen kann diese Allergie zur Qual werden und sogar lebensbedrohliche Ausmaße annehmen.

Wiederholt ist in Erwägung gezogen oder gar behauptet worden, dass Fälle von plötzlichem Kindstod durch eine Hausstaubmilbenallergie ausgelöst werden können (TURNER et al. 1975). Dies konnte indes bis heute nicht bewiesen werden (JENKINS 2008).

Verdacht auf das Vorliegen einer Hausstaubmilbenallergie liegt vor, wenn die oben genannte Symptomatik – besonders in Wohnungen! – über einen längeren Zeitraum hartnäckig auftritt. Ein wichtiges Indiz ist weiters ein verstärktes Auftreten der Symptomatik in der Nacht oder morgens nach dem Aufstehen: Betten sind durch Wärme, Feuchtigkeit und das reiche Nahrungsangebot (ein Mensch verliert täglich ca. 1,5 g Hautschuppen) ideale Hausstaubmilben-Biotope.

An Hausstaubmilbenallergien sollte man auch denken, wenn die Symptome in jenen Jahreszeiten verstärkt auftreten, in denen (durch Heizen und zumeist geschlossene Fenster) die Lufttemperatur steigt, was, falls die Luftfeuchtigkeit hoch genug ist, zu einer schnelleren Vermehrung der Milben führt. Wenn der Verdacht besteht, sollte möglichst unverzüglich ein/e Allergologe/in oder ein allergologisches Institut aufgesucht werden.

Die Diagnose stützt sich – abgesehen von der Anamnese und den klinischen Erscheinungen – auf immunologische Tests, nämlich einerseits auf Hauttests andererseits auf serologische Untersuchungen. Der wichtigste Hauttest ist der Prick-Test, der grundsätzlich zur Diagnostik von Typ-I-Allergien eingesetzt wird. Dabei wird ein (mehr oder weniger gereinigter und definierter) Extrakt des in Frage kommenden Allergens (also in diesem Fall, z. B. ein Extrakt aus Milben-Kulturen) auf die Haut aufgetropft, und das Areal wird leicht angeritzt, sodass das Allergen in die Haut eindringen kann. Nach etwa 20 min wird das Ergebnis (im Vergleich mit einer Positiv- und Negativ-Kontrolle) durch Beurteilung der Größe und Intensität der Hautrötung und einer Quaddelbildung abgelesen. Dieser Test kann sowohl qualitativ als auch quantitativ durchgeführt werden. Die Standardisierung dieser Tests ist eine wichtige Voraussetzung für die Gewinnung verlässlicher epidemiologischer Daten, die Vergleiche über große Gebiete ermöglichen, sodass auch Veränderungen und Trends im Auftreten bestimmter Allergien erfasst werden können (HEINZERLING et al. 2009).

Serologische Tests werden einerseits zur Bestimmung des Gesamt-IgE andererseits zum Nachweis spezifischer IgE-Antikörper eingesetzt. Erhöhte IgE-Spiegel sind charakteristisch für allergische Erkrankungen, sie treten aber auch bei vielen anderen infektiösen und nicht-infektiösen Krankheiten auf. So sind z. B. viele – besonders extraintestinale – Helminthosen mit manchmal exzessiv erhöhten IgE-Spiegeln korreliert. Dennoch können die IgE-Spiegel auch bei bestehender, klinisch manifester Hausstaubmilbenallergie unauffällig sein. Für den quantitativen Nachweis spezifischer IgE-Antikörper wurde ursprünglich ein Test eingesetzt, der mit dem Akronym RAST bezeichnet wurde (= Radio-Allergo-Sorbent-Test), weil radioaktiv markierte Substanzen eingesetzt werden. Der Test erforderte allerdings besondere Sicherheitsmaßnahmen und wurde schließlich durch andere Testverfahren verdrängt. Heute verwendet man die in der Serodiagnostik weit verbreiteten Enzym-Immuntests (ELISA), gelegentlich auch fluoreszenzserologische Tests (IFAT). Im Jargon werden die serologischen Tests zum Nachweis spezifischer Antikörper

gegen ein Allergen aus Tradition, wenngleich unzutreffend, häufig noch immer als RAST bezeichnet. Mit dem Einsatz der gesamten diagnostischen Palette lässt sich die Verdachtsdiagnose einer Hausstaubmilbenallergie weitgehend untermauern oder entkräften. Allerdings gibt es auch Fälle von Hausstaubmilbenallergien, die sich mit den üblichen Tests nicht (sicher) aufdecken lassen, so wie es – noch häufiger! – vorkommt, dass Menschen ohne klinische Symptomatik in dem Test positiv reagieren. Bei unklaren Befunden in Prick-Test und RAST kann ein Provokationstest durch nasale Applikation des Allergens durchgeführt werden; er trägt zur Abklärung wesentlich bei (BREHLER 2008). Die Entscheidung über das diagnostische Procedere und die Überwachung des Test-Ablaufs müssen – nicht nur unter dem Gesichtspunkt der optimalen Effizienz der eingesetzten Methoden, sondern nicht zuletzt auch wegen unvorhergesehener Reaktionen – stets einem erfahrenen Allergologen überlassen bleiben.

Wenn die Diagnose feststeht, sollen möglichst unverzüglich präventive ebenso wie therapeutische Maßnahmen ergriffen werden. Die Prävention umfasst alle Maßnahmen, die geeignet sind, den Kontakt mit dem Milbenallergen zu reduzieren (Allergen-Karenz); das bedeutet vielfach eine grundlegende Umstrukturierung der Wohnungseinrichtung, um die Vermehrung von Milben, wo immer möglich, zu verhindern oder wenigstens zu reduzieren; besonders betrifft dies die Schlafräume und Betten. Die Betten sollten unbedingt waschbare Füllungen enthalten und mindestens alle acht Wochen bei mehr als 60 °C gewaschen werden (BREHLER 2008). Aufenthalt in größeren Höhen (im Gebirge gibt es keine Hausstaubmilben!) führen meist schlagartig zu einem Verschwinden der Symptome. Dass die Allergie allerdings beim ersten neuerlichen Einatmen der Milbenallergene wieder auftritt, ist für den Betroffenen eine herbe Enttäuschung, aber aus der Sicht der Immunologie und Allergologie nicht anders zu erwarten. Die spezifischen IgE-Antikörper und die mit IgE-Antikörpern beladenen Mastzellen sind ja nach wie vor vorhanden.

Abgesehen von einer häufig notwendigen symptomatischen medikamentösen Therapie (siehe unten), ist die wichtigste therapeutische Maßnahme die sogenannte Hyposensibilisierung (früher unzutreffend als Desensibilisierung bezeichnet). Die spezifische Immuntherapie (SIT) ist grundsätzlich eine Methode, um IgE-vermittelte Typ-I-Allergie zu behandeln. Sie beruht darauf, dass dem Organismus – meist durch subkutane Injektion (subkutane Immuntherapie = SCIT) steigende Dosen des Allergens zugeführt und dann über längere Zeiträume (mindestens 3 Jahre, gegebenenfalls auch länger) eine Erhaltungsdosis gespritzt wird, sodass sich der Körper permanent in gleichmäßiger Intensität mit dem Allergen auseinandersetzen muss. Dies führt (oder soll jedenfalls führen) zu einer verstärkten Produktion hochaffiner IgG-Antikörper, die das Allergen binden können, ehe es von den an den Mastzellen und Basophilen sitzenden IgE-Antikörpern gebunden wird, wodurch die Ausschüttung der zu den allergischen Erscheinungen führenden Mediatoren verhindert wird. Da auch eine Reduktion der Bildung der IgE-Antikörper zu Gunsten der IgG-Antikörper eintritt, spricht man von einem Isotypen-Switch. (Die IgG-Antikörper induzieren natürlich nicht eine Freisetzung der zu den allergischen Erscheinungen führenden Substanzen aus den Mastzellen.) Weiters bedingt die Hyposensibilisierung eine Modulation der allergenspezifischen T-Zell-Antwort durch Reduktion bestimmter Zytokine (IL-4, IL-5) und durch Induktion der Sekretion von IL-10 durch Suppressor-T-Zellen. Insgesamt resultiert daraus eine Regulation der Effektoren des Immunsystems, und es entsteht eine über die Therapie-Dauer hinaus anhaltende Toleranz gegenüber den eingesetzten Allergenen (KLEIN-TEBBE et al. 2010). In der Regel werden die Injektionen ohne irgendwelche Komplikationen vertragen, aber es kann natürlich auch zu heftigen Reaktionen und in seltenen Fällen auch zu schweren Zwischenfällen kommen, weshalb der die Injektionen durchführende Arzt unbedingt mit adäquater Notfallbehandlung bei allen allergologischen Zwischenfällen vertraut sein muss. Die SIT wird vor allem in frühen Lebensaltern gut vertragen, und sie gilt bei Kindern als besonders erfolgsversprechend. Die therapeutischen Effekte können einsetzen, bevor Sekundärveränderungen auftreten, die Wahrscheinlichkeit eines Etagenwechsels (siehe oben) wird reduziert, und überdies kann eine Zunahme von anderen Sensibilisierungen verhindert oder zumindest verringert werden (KLEIN-TEBBE et al. 2010).

Grundsätzlich gibt es noch eine andere Form der spezifischen Immuntherapie, nämlich die sublinguale Immuntherapie (SLIT); dabei werden Allergenextrakte in Form von wässrigen Lösungen oder Tabletten verwendet. Die Wirkmechanismen sind im Einzelnen nicht geklärt, bei der Hyposensibilisierung bei Hausstaubmilbenallergien kann sie derzeit (obwohl Allergenextrakte zur Verfügung stehen und weiter entwickelt werden) nicht als Alternative zur SCIT empfohlen werden (KLEIN-TEBBE et al. 2010).

Selbstverständlich kann (und muss vielfach) eine Hausstaubmilbenallergie (zunächst) auch symptomatisch durch die in der Behandlung von Allergien üblichen Medikamente (Antihistaminika, Korticosteroide usw.; HEMMER 2010) behandelt werden. Zudem gibt es medikamentöse Möglichkeiten, die Bildung der Allergene an die IgE-Antikörper zu blockieren und so die Ausschüttung der zu den klinischen Erscheinungen führen-

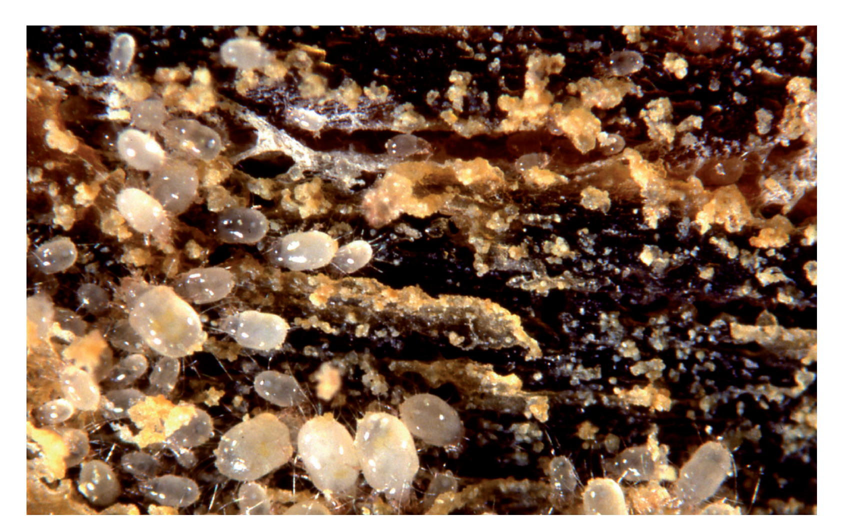


Abb. 14: Im Jahr 1991 von *Tyrophagus longior* befallener Südtiroler Speck. Die Milben haben die schützende Schimmelschicht weggefressen und sind dabei die Speckschwarte zu verzehren. LM.

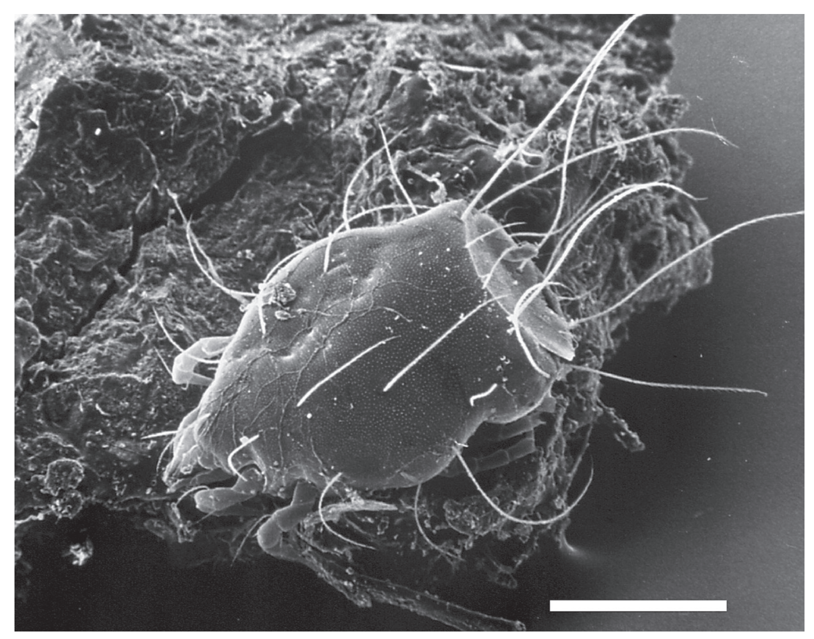


Abb. 16: Exuvie eines gegenüber Trockenheit resistenten Hypopusstadiums von *Glyciphagus domesticus* von Pilzen überwachsen. Das Tritonymphenstadium ist nach Anstieg der Luftfeuchtigkeit aus dem Hypopus geschlüpft. Balken = 100 µm; REM.



Abb. 15: Rückseite eines feucht gelagerten Ölgemäldes aus Privatbesitz. Die Malschicht ist von Pilzen und den Vorratsmilben *Glyciphagus domesticus* befallen und hat sich dadurch von der Leinwand gelöst. Balken = 1 mm; LM.

den Mediatoren zu verhindern (FERNÁNDEZ-CALDAS et al. 2006). Die Verabreichung von Medikamenten ist aber zeitlich begrenzt und kann keinesfalls eine Alternative zur Hyposensibilisierung darstellen. Diese ist durch ihre Einflussnahme auf das Immunsystem als kausale Therapie zu klassifizieren. Die Wahl der verschiedenen Möglichkeiten der Therapie einer Hausstaubmilbenallergie muss ganz dem Allergologen überlassen werden.

In der jüngsten Vergangenheit wurde der Isolierung, Reinigung, Charakterisierung und Epitop-Analyse der verschiedenen Allergene verschiedener Hausstaubmilben – neben *Dermatophagoides pteronyssinus* und *D. farinae*, *Blomia tropicalis* und *Euroglyphus maynei* auch anderer Spezies – vor allem auch auf molekularbiologischer Basis große Aufmerksamkeit zuteil (THOMAS et al. 2004). Dies sind auch tatsächlich vordringliche Aufgaben für die Zukunft. Die genaue Kenntnis der Allergene unter möglichst vielen Aspekten, ist eine entscheidende Grundlage nicht nur für Verbesserungen der Diagnostik durch Erweiterung der Palette gut definierter Reagenzien (das betrifft Prick-Tests ebenso wie serologische Tests), sondern vor allem auch für eine weitere Verbesserung der in der Hyposensibilisierung eingesetzten Substanzen (MILIÁN & DÍAZ 2004). Eine intensive Kooperation zwischen Akarologen und Allergologen war und ist unabdingbare Vorraussetzung für Optimierungen in der Diagnostik und Therapie der Hausstaubmilbenallergien.

5. Vorratsmilben und Raubmilben

An speziellen Standorten in Häusern, an denen Vorräte gelagert werden, sowie in Bäckereien und auf Bauernhöfen können bei hoher Luftfeuchtigkeit nicht nur Hausstaubmilben, sondern auch Vorratsmilben und die von diesen lebenden Raubmilben (Cheyletidae) in hohen Abundanzen auftreten. Vorratsmilben sind, ebenso wie Hausstaubmilben, in der freien Natur häufig

vorkommende astigmate Milben. Besonders viele Vorratsschädlinge finden sich bei den Familien Acaridae und Glyciphagidae. Die am häufigsten in Wohnungen anzutreffenden Vorratsmilben sind die Gattungen *Acarus* (Mehlmilben; Abb. 3), *Tyrophagus* (Modermilben; Abb. 6) und *Tyrolichus* (Käsemilben) der Acaridae und *Lepidoglyphus* und *Glyciphagus* (Heu-, Zuckermilben; Abb. 4) der Glyciphagidae. Die Arten aller drei Gattungen leben in der freien Natur und werden meist mit verseuchten Nahrungsvorräten in Wohnungen eingeschleppt. Heutzutage spielen bei der Einschleppung der Vorratsmilben in Wohnungen vor allem die chemisch unbehandelten „Bio"-Produkte, in denen sie leicht überleben können, eine nicht zu unterschätzende Rolle.

Unter normalen Umständen sind nur 1-2 % der Milben im Hausstaub Vorratsmilben, da diese, um überleben zu können, andauernd eine Luftfeuchtigkeit von über 70 % benötigen. Bei einer Luftfeuchtigkeit zwischen 70 und 95 % sind sie jedoch gegenüber den Hausstaubmilben im Vorteil und können aufgrund ihrer enormen Vermehrungspotenz innerhalb kürzester Zeit gigantische Populationsgrößen aufbauen. Die *Tyrophagus*-Arten (Abb. 6) sind besonders gefürchtet, da befruchtete Weibchen bei 85-95 % RL und 25 °C Dauertemperatur pro Tag mehr als 100 Eier legen und die Entwicklung einer Generation unter diesen Bedingungen nur etwa 5-6 Tage dauert. Bei ausreichender Nahrung können daher in feuchten Wohnungen innerhalb von 1-2 Monaten viele Millionen, ja sogar Milliarden Milben die Wohnungen bevölkern. Sie fallen dann als lebender weißlicher bis rosaroter Staub auf allen glatten Oberflächen auf.

Vorratsmilben ernähren sich von allen in Wohnungen gelagerten vegetabilischen und tierischen Produkten wie z. B. Getreide, Mehl, Zucker, Obst, Nüsse, Fleisch aber auch von den bei diesen Luftfeuchten vorhandenen diversen Pilzen (Abb. 14).

Sie fressen aber auch Tapetenkleister aus Methylzellusose oder Stärke (von Venedig und Wien sind Fälle bekannt, wo diese Milben in neu erbauten, noch feuchten Häusern den Kleister hinter jüngst angebrachten Tapeten wegfraßen, sodass diese von den Wänden fielen) und sogar den Leim bei feucht gelagerten Ölgemälden auf Leinwand verschmähen sie nicht (Abb. 15).

Alle Vorratsmilben durchlaufen während ihrer Entwicklung dieselben Entwicklungsstadien wie Hausstaubmilben (siehe oben). Viele Arten haben jedoch, da sie nicht so gut an geringere Luftfeuchten angepasst sind, zwischen dem Proto- und Tritonymphenstadium ein Deutonymphenstadium (Hypopus genannt) eingeschaltet, das keine Nahrung aufnimmt und entweder bei den Glyciphagidae resistent gegenüber Austrocknung ist (Abb. 16) oder bei den Acaridae Saugnäpfe besitzt, um sich an diversen in Wohnungen vorhandenen Insekten (z. B. Stubenfliegen) festzuheften und so den für sie ungünstigen Lebensbedingungen entkommen, um phoretisch neue Biotope zu besiedeln (Abb. 17).

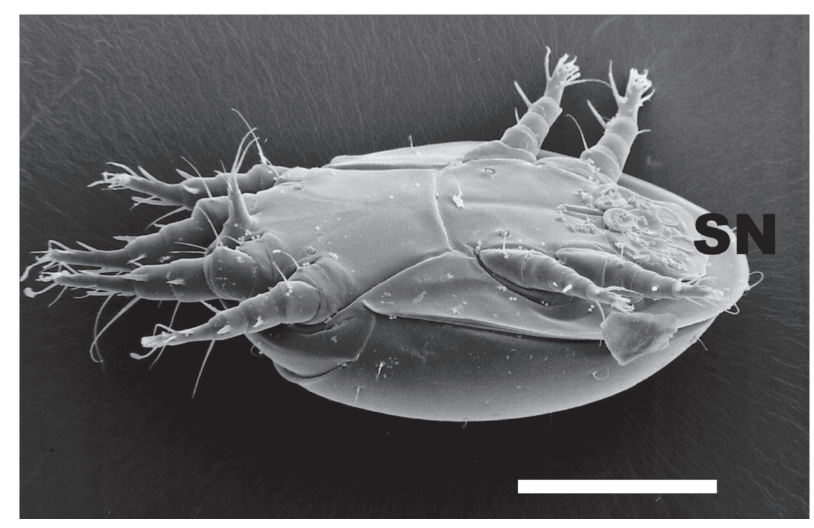


Abb. 17: Phoretisches Hypopusstadium der Acaridae mit Saugnäpfen (SN) am Hinterleib zum Festheften an Trägertiere.

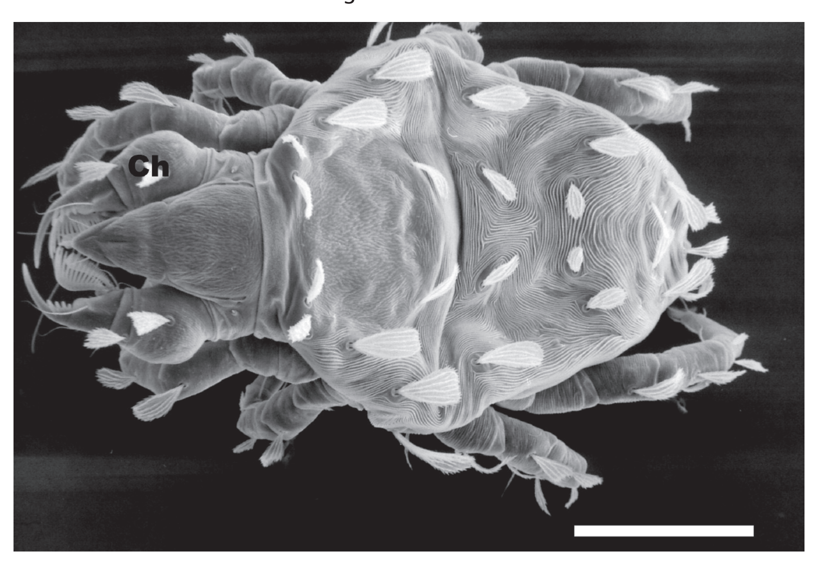


Abb. 18: Habitus der Raubmilbe *Cheyletus erudites* mit riesigen zu Greifwerkzeugen umgestalteten Chelizeren (Ch). Balken = 100 µm; REM.

In Wohnungen leben jedoch nicht nur Vorrats- und Hausstaubmilben, sondern auch eine Milbenart, die sich von den anderen Milben ernährt. Diese Raubmilbenart, *Cheyletus erudites* (Cheyletidae), ist leicht an ihren riesigen Chelizeren, mit denen sie ihre Beute ergreift und aussaugt, zu erkennen (Abb. 18). Falls andere Milben im Überfluss vorhanden sind, können auch von dieser trockenresistenten Milbenart innerhalb kürzester Zeit große Populationen in Wohnungen auftreten.

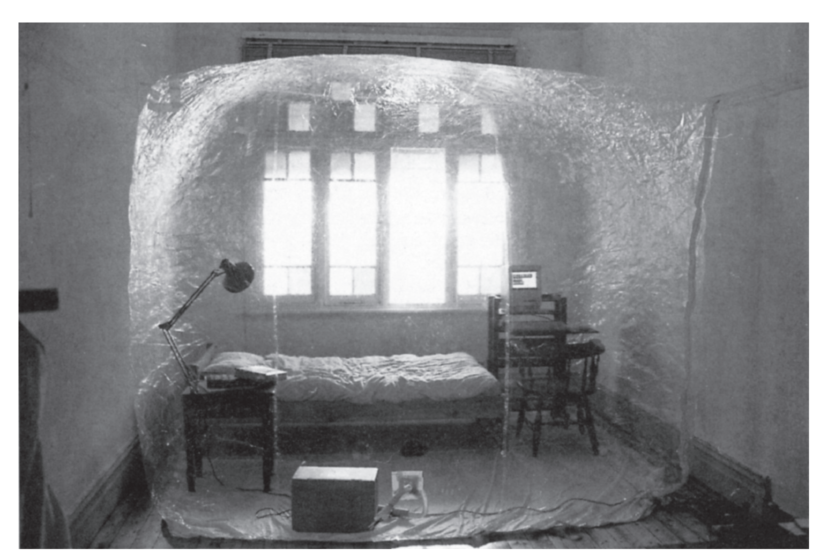


Abb. 19: Prototyp einer „Allergen freien" Schlafkammer, wie sie TOVEY (1992) vorgestellt hat.

6. Nachweis von Hausstaubmilben und Hausstaubmilbenallergenen in Hausstaubproben

Allergikern steht für einen Nachweis der Hausstaubmilben und Haustaubmilbenallergene in ihren Hausstaubproben ein Test zur Verfügung. Mit diesem selbst leicht durchzuführenden, stark beworbenen Test (Acarex-Test) wird die Hausstaubmilbenallergenmenge indirekt über eine Farbreaktion des in Faeces und Milbenkörpern vorhandenen Guanins bestimmt. Je mehr Guanin in den Proben vorhanden ist, desto intensiver färbt sich der Teststreifen rot. Da jedoch alle Arthropoden Guanin in ihren Faeces einlagern, ist dieser Test wenig aussagekräftig. Größere in Wohnungen vorkommende Arthropden wie z. B. Silberfischchen (*Lepisma saccharina*) oder Schaben (*Blatta germanica*) produzieren auch viel größere Kotmengen und können somit die Testergebnisse massiv verfälschen und zu falschen (teuren) Schlüssen in Bezug auf eventuell durchzuführende Sanierungsmaßnahmen führen. Ein eindeutiger Nachweis der Milbenfauna und deren artspezifischen Zusammensetzung ist nur über die Bestimmung der in den Staubproben vorhandenen Milben durch Akarologen möglich.

7. Bekämpfung von Hausstaub- und Vorratsmilben und Allergenvermeidung

Für Allergiker ist die Reduktion der Allergenmengen in Wohnungen von essentieller Bedeutung für ihre Lebensqualität und muss daher bewusst und konsequent durchgeführt werden. Hilfreich dabei ist, die Lebensgewohnheiten und Ansprüche der Milben an ihre Umwelt zu kennen, damit man ihnen ihre Lebensgrundlagen nehmen kann. Unkenntnis dagegen führt zu teuren, aber unwirksamen Aktivitäten bis hin zur gesellschaftlichen Isolation (Abb. 19).

Die wichtigsten Faktoren für eine erfolgreiche Milbenbekämpfung sind der Nahrungsentzug, die Verringerung, aber auch Erhöhung der Temperatur über das für Milben günstige Ausmaß und eine Verringerung der Luftfeuchtigkeit in den Lebensräumen der Milben. Meist sind dafür einfach durchzuführende Maßnahmen ausreichend. Da Vorratsmilben eine sehr hohe Luftfeuchtigkeit benötigen, ist für diese Milben eine Luftfeuchtigkeit unter 70 % und eine regelmäßige Kontrolle der Vorräte ausreichend. Schwieriger dagegen ist es, der Hausstaubmilben Herr zu werden, da ihre Ansprüche an die Umwelt mit denen der Menschen ident sind.

Viele unterschiedliche Sanierungsmaßnahmen für Hausstaubmilbenallergiker sind bisher beschrieben, und Empfehlungen können sogar im Internet mit den Schlüsselwörtern „Hausstaubmilbe Bekämpfung" abgerufen werden.

Als am effektivsten haben sich physikalische Maßnahmen erwiesen und sind daher den chemischen vorzuziehen, doch können auf dem Markt befindliche Acarizide unterstützend zu den physikalischen Bekämpfungsmaßnahmen eingesetzt werden.

Um eine Generalsanierung von Wohnungen zu vermeiden oder eine Wiederbesiedlung von Milben möglichst zu verhindern sind einfache, jedoch grundlegende Bekämpfungsmaßnahmen zu setzen:

Regelmäßiges Staubwischen mit feuchten Tüchern führt zu einer Entfernung der Allergenpartikel und Staubsaugen mit starken Geräten reduziert die Milbenpopulation. Die Staubsauger sollten mit speziellen Filtern ausgestattet sein, um ein Aufwirbeln der Aeroallergene in der Luft zu vermeiden. Besonderes Augenmerk ist dabei auf Schlafräume und Nischen zu legen, die Milbenreservoire sein können.

Raumtemperaturen unter 18 °C oder über 30 °C (im Sommer) verlangsamen das Milbenwachstum erheblich. Bewegliche Gegenstände in regelmäßigen Zeitintervallen einige Stunden tiefen (z. B. in Gefriertruhen) oder hohen Temperaturen (z. B. in die Sonne legen) aussetzen. Das tägliche Lüften der Bettwäsche ist dabei von großer Wichtigkeit. Spezielle Bettwäsche ist hilfreich um den Kontakt mit Milben und deren Allergenen zu vermeiden.

Die Luftfeuchtigkeit im Wohnbereich möglichst unter 50 % halten.

Diese Maßnahmen sind in den meisten Fällen ausreichend, um ein Auftreten von Allergiesymptomen bei Hausstaubmilbenallergikern zu verhindern. Absolut all-

ergenfreie Wohnräume sind dadurch zwar nicht zu erreichen, doch würde das Streben nach solchen, wie TOVEY 1992 dargestellt hat, die Lebensqualität erheblich mindern (Abb. 19).

8. Dank

Herr Helmut GOLDAMMER hat wesentlichen Anteil an den lichtmikroskopischen Aufnahmen der Hausstaubmilben. Durch die von ihm entwickelte Betäubungsmethode für Milben war es möglich, lebende Hausstaubmilben in natürlichen Lebenssituationen farbecht mit hoher Tiefenschärfe zu photographieren.

9. Zusammenfassung

Synanthrope Milben sind die häufigsten Bewohner in Hausstaub und in Vorratslagern. Alle können Allergene produzieren, weshalb Kenntnisse über die Ökologie, Biologie und Entwicklung dieser Spinnentiere für Milben-Allergiker für die Durchführung von Bekämpfungsmaßnahmen von entscheidender Bedeutung sind. Daher werden in dieser Arbeit die Biologie, Ökologie und die medizinische Bedeutung von *Dermatophagoides pteronyssinus* und *D. farinae* erläutert und die übrigen in Mitteleuropa häufig in Wohnungen vorkommenden Gattungen *Acaraus*, *Tyrophagus*, *Glyciphagus* und *Cheyletus* vorgestellt sowie Möglichkeiten für Bekämpfungsmaßnahmen von Wohnungsmilben angegeben.

10. Literatur

ALBERTI G. & L.B. COONS (1999): Acari: mites. — In: HARRISON F.W. & R.F. FOELIX (eds), Microscopic Anatomy of Invertebrates, Vol. 8C, Chelicerate Arthropoda. Wiley-Liss, New York: 515-1265.

ARLIAN L.G. (1989): Biology and ecology of house dust mites, *Dermatophagoides* spp. and *Euroglyphus* spp. — Immunol Allergy Clin. N. Am. **9**: 339-356.

ARLIAN L.G. (1991): House-dust-mite allergens: A review. — Exp. appl. Acarol. **10**: 167-186.

ARLIAN L.G. (1992): Water balance and humidity requirements of house dust mites. — Exp. appl. Acarol. **16**: 15-35.

ARLIAN L.G., BERNSTEIN I.L., JOHNSON C.L. & J.S. GALLAGHER (1979): Ecology of house dust mites and house dust allergy. — In RODRIGUEZ J.G. (ed.), Recent Advances in Acarology. Academic Press, New York: 185-195.

ARLIAN L.G., WOODFORD P.J., BERNSTEIN I.L. & J.S. GALLAGHER (1983): Seasonal population structure of house dust mites, *Dermatophagoides* spp. (Acari: Pyroglyphidae). — J. Med. Entomol. **20**: 99-102.

ARLIAN L.G., RAPP C.M. & S.G. AHMED (1990) Development of *Dermatophagoides pteronyssinus* (Acari, Pyroglyphidae). — J. Med. Entomol. **27**: 1035-1040.

ARLIAN L.G., PLATTS-MILLS T.A.E. (2001): The biology of dust mites and the remediation of mite allergens in allergic disease. — J. Allergy Clin. Immunol. **107**: 406-13.

ARLIAN L.G. & M.S. MORGAN (2003): Biology, ecology, and prevalence of dust mites. — Immunol. Allergy Clin. North Am. **23**: 443-468.

ARRUDA L.K & M.D. CHAPMAN (1992): A review of recent immunochemical studies of *Blomia tropicalis* and *Euroglyphus maynei* allergens. — Exp. appl. Acarol. **16**: 129-140.

BISCHOFF E. (1986): Hausstaubmilben. — In JORDE W. (Hrsg.), Allergologische Fortbildung, Bd. 1 Verlag für Medizin und Umwelt, Krefeld: 93-120.

BISCHOFF E., FISCHER A. & G. WETTER (1986a): Die Bekämpfung von Hausstaubmilben in Verbindung mit Reinigungsvorgängen auf wässriger Basis. 1. Teil: Grundlegende Befunde. — Allergologie **9**: 171-176.

BISCHOFF E., KRAUSE-MICHEL B. & D. NOLTE (1986b): Zur Bekämpfung der Hausstaubmilben in Haushalten von Patienten mit Milbenasthma. 1. Mitteilung. — Allergologie **9**: 448-457.

BISCHOFF E., LIEBENBERG B. & G. WETTER (1986c): Die Bekämpfung von Hausstaubmilben in Verbindung mit Reinigungsvorgängen auf wässriger Basis. — Allergologie **9**: 287-292.

BISCHOFF E. (1988) „Sanierung“ durch Milbenbekämpfung und Reinigung in Häusern mit Hausstaubmilbenbefall. — Allergologie **11**: 280-285.

BISCHOFF E. R., FISCHER A., LIEBENBERG B. & F.M. KNIEST (1996): Mite control with low temperature washing. I. Elimination of living mites on carpet pieces. — Clin. Exp. Allergy **26**: 945-952.

BRAVO C.M., ORTIZ I.L., SOTO A.O. & R.G. VÁZQUEZ (1999): Allergy to storage mites. — Allergy **53**: 765-770.

BREHLER R. (2008): Innenraumallergene. — Deutsche Medizinische Wochenschrift **133**: S58-S62.

BRONSWIJK J.E.M.H. van (1984a): House Dust biology for Allergists, Acarologists and Mycologists. — Zeist (Niederlande), NIB Publishers: 1-316.

BRONSWIJK J.E.M.H. van (1984b): Neues zur Ökologie der Wohnungsmilben. — Allergologie **7**: 438-445.

COLLOFF M.J. (1992a): House dust mite control with Acarosan – an extreme test? — Clin. exp. Allergy **22**: 657-658.

COLLOFF M.J. (1992b): Age structure and dynamics of house dust mite populations. — Exp. appl. Acarol. **16**: 49-74.

COLLOFF M.J. (2009): Dust Mites. — CSIRO Publishing: 1-600.

DEPPE U. (2002): Untersuchungen zur Charakterisierung und Standardisierung von Allergenextrakten aus Milbenkulturen. — Diss. Univ. Paderborn. 1-138.

DHARMAGE S., BAILEY M., RAVEN J., MITAKAKIS T., CHENG A., GUEST D., ROLLAND J., FORBES A., THIEN F., ABRAMSON M. & E.H. WALTERS (2001): Current indoor allergen levels of fungi and cats, but not house dust mites, influence allergy and asthma in adults with high dust mite exposure. — Am. J. Respir. Crit. Care Med. **164**: 65-71.

EHRNSBERGER R.(1992): Biologie der Hausstaubmilben. — In: AKKERMANN R., BEHRENDS H.B. & R. EHRNSBERGER (Hrsg.), Allergie & Umwelt, Vechtaer Universitätsschriften Band **8**, Günter Runge, Cloppenburg: 57-82.

FERNÁNDEZ-CALDAS E. (1997): Mites species of allergologic importance in Europe. — Allergy **52**: 383-387.

FERNÁNDEZ-CALDAS E., IRAOLA V., BOQUETE M., NIETO A. & M. CASANOVAS (2006): Mite immunotherapy. — Current Allergy and Asthma Reports **6** (5): 413-419.

Franz J.-T. (2004): Karenzmaßnahmen gegen Hausstaubmilben. Teil 1: Acarologische Grundlagen. — Allergo J. **13**: 443-451.

Hage-Hamsten M. & S.G.O. Johansson (1992): Storage mites. — Exp. appl. Acarol. **16**: 117-128.

Hart B. (ed.; 1992): House dust mites. — Exp. appl. Acarol. **16** (Special Issue): 1-202.

Heinzerling L.M., Burbach G.J., Edenharter G., Bachert C., Bindslev-Jensen C., Bonini S., Bousquet J., Bousquet-Rouanet L., Bousquet P.J., Bresciani M., Bruno A., Burney P., Canonica G.W., Darsow U., Demoly P., Durham S., Fokkens W.J., Giavi S., Gjomarkaj M., Gramiccioni C., Haahtela T., Kowalski M.L., Magyar P., Muraközi G., Orosz M., Papadopoulos N.G., Röhnelt C., Stingl G., Todo-Bom A., Mutius E. von, Wiesner A., Wöhrl S. & T. Zuberbier (2009): GA^{2}LEN skin test study I: GA^{2}LEN harmonization of skin prick testing: novel sensitization patterns for inhalant allergens in Europe. — Allergy **64**: 1498-1506.

Hemmer W. (2010): Insekten als Auslöser allergischer Reaktionen. — In: Aspöck H. (Hrsg.), Krank durch Arthropoden. Denisia **30**: 381-409.

Jenkins R.O. (2008): Mattress risk factors for the sudden infant death syndrome and dust-mite allergen (der p 1) levels. — Allergy and Asthma proceedings **29** (1): 45-50.

Klein-Tebbe J., Bufe A., Ebner C., Eigenmann P., Friedrichs F., Fuchs T., Huttegger I., Jung K., Klimek L., Kopp M., Lässig W., Merk H., Niggemann B., Rabe U., Saloga J., Schmid-Grendelmeier P., Sitter H., Virchow J.C., Wagenmann M., Wedl B. & M. Worm (2010): Die spezifische Immuntherapie (Hyposensibilisierung) bei IgE-vermittelten allergischen Erkrankungen. — Allergologie **33** (1): 3-34.

Miescher S.M. & M. Vogel (2002): Molecular aspects of allergy. — Molecular Aspects of Medicine **23**: 413-462.

Milián E. & A.M. Díaz (2004): Allergy to house dust mites and asthma. — Puerto Rico Health Sciences Journal **23** (1): 47-57.

Mumcuoglu Y. & Th. Rufli (1982): Dermatologische Entomologie. Humanmedizinisch bedeutsame Milben und Insekten in Mitteleuropa. — Beiträge zur Dermatologie, Band **9**. perimed-Fachbuch-Verlagsgesellschaft, Erlangen: 1-255.

Oboussier H. (1939): Beiträge zur Biologie und Anatomie der Wohnungsmilben. — Z. angew. Entom. **26**: 253-296.

Pollart S., Chapman M.D. & T.A.E. Platts-Mills (1988): House dust mite and dust control. — Clin. Rev. Allergy **6**: 23-33.

Schmidt S (1998): Sinnvolle Wohnraumsanierungsempfehlungen bei Hausstaubmilben-, Tier- und Schimmelpilzallergie (Teil 1). — Allergo J. **7**: 156-163.

Schober G., Wetter G., Bischoff E., Bronswijk J.E.M.H. van & F.M. Kniest (1987): Control of house-dust mites (Pyroglyphidae) with home disinfectants. — Exp. Appl. Acarol. **3**: 179-189.

Sheikh A., Hurwitz B., Nurmatov U. & C.P. van Schayck (2010): House dust mite avoidance measures for perennial allergic rhinitis. — Cochrane database of systematic reviews **7**: CD001563.

Stein W. (1986): Vorratsschädlinge und Hausungeziefer. — Ulmer, Stuttgart: 1-287.

Stewart G.A., Bird C.H., Krska K.D., Colloff M.J. & P.J. Thompson (1992): A comparative study of allergenic and potentially allergenic enzymes from *Dermatophagoides pteronyssinus*, *D. farinae* and *Euroglyphus maynei*. — Exp. appl. Acarol. **16**: 165-180.

Tee R.D. (1994): Allergy to storage mites. — Clin. Exp. Allergy **24**: 636-640.

Thomas W.R., Smith W.-A. & B.J. Hales (2004): The allergenic specificities of the house dust mite. — Chang Gung Medical Journal **27** (8): 563-569.

Tovey E.R. (1992): Allergen exposure and control. — Exp. appl. Acarol. **16**: 181-202.

Tovey E., Fifoot A. & L. Sieber (eds) (1995): Mites, asthma and domestic design. — University Printing Service, Sydney: 1-133.

Turner K.J., Baldo B.A. & J.M. Hilton (1975): RAST studies: IgE antibodies to *Dermatogoides pteronyssinus* (house dust mite), *Aspergillus fumigatus* and beta-lactoglobulin in sudden death in infancy syndrome (SDIS). — Developments in Biological Standardization **29**: 208-216.

Voorhorst R., Spieksma-Boezeman M.I.A. & F.T.M. Spieksma (1964): Is a mite (*Dermatophagoides* sp.) the producer of the house dust allergen? — Allergie Asthma: **10**: 329.

Walzl M.G. (1992) Ultrastructure of the reproductive system of the house dust mites, *Dermatophagoides farinae* and *D. pteronyssinus* (Acari: Pyroglyphidae) with remarks on spermatogenesis and oogenesis. — Exp. Appl. Acarol. **16**: 85-116.

Warner J. (1994): Creating optimal home conditions for the house dust mite. — Clinical and Experimental Allergy **24**: 207-209.

Warner A. M., Möller Ch. & N.-I. Kjellman (1999): Mite fauna in the home and sensitivity to house-dust and storage mites. — Allergy **54**: 681-690.

Wassenaar D.P.J. (1988): Reducing house-dust mites by vacuuming. — Exp. appl. Acarol. **4**: 167-172.

Wharton G.W. (1976): House dust mites. — J. Med. Entomol. **12**: 577-621.

Zdarkova E. & V. Voracek (1993): The effects of physical factors on survival of stored food mites. — Exp. appl. Acarol. **17**: 197-204.

Anschriften der Verfasser:

a.o. Univ.-Prof. Mag. Dr. Manfred Günther Walzl
Department für Theoret. Biologie/
Sektion Morphologie
Universität Wien
Althanstrasse 14
A-1090 Wien
E-Mail: manfred.walzl@univie.ac.at

Univ.-Prof. Dr. Horst Aspöck
Abteilung für Medizinische Parasitologie,
Institut für Spezifische Prophylaxe und Tropenmedizin,
Medizinische Universität Wien (MUW),
Kinderspitalgasse 15,
A-1095 Wien
E-Mail: horst.aspoeck@meduniwien.ac.at